

ХРОМ

Выполнили работу Кучаев Глеб и Авласенко
Владимир группа ГД-11

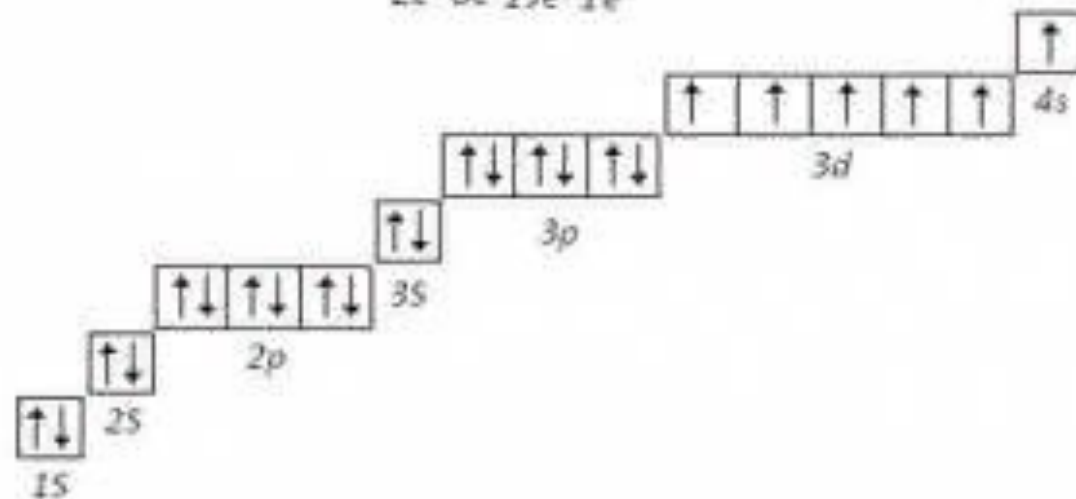
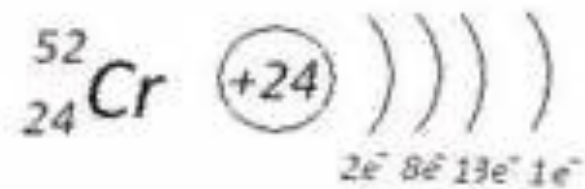
ХРОМ— ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ 6-Й
ГРУППЫ, ЧЕТВЁРТОГО
ПЕРИОДА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕ
С АТОМНЫМ НОМЕРОМ 24.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																													
	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A VIII B	B																					
1	(H)																		H 1.00794 Hydrogen Водород		He 4.002602 Helium Гелий		Символ элемента Однозначные атомная масса Периодический номер Название элемента Распределение электронов на энергетических уровнях							
2	Li 6.941 Lithium Литий	Be 9.0122 Beryllium Бериллий	B 10.811 Borun Бор	C 12.011 Carbonum Углерод	N 14.007 Nitrogenium Азот	O 15.999 Oxygenium Кислород	F 18.998 Fluorium Фтор	Ne 20.179 Neon Неон																						
3	Na 22.99 Natrium Натрий	Mg 24.305 Magnesium Магний	Al 26.9815 Aluminium Алюминий	Si 28.086 Silicium Кремний	P 30.974 Phosphorus Фосфор	S 32.066 Sulfur Сера	Cl 35.453 Chlorium Хлор	Ar 39.948 Argon Аргон																						
4	K 39.098 Kalium Калий	Ca 40.06 Calcium Кальций	Sc 44.956 Scandium Скандий	Ti 47.90 Titanium Титан	V 50.941 Vanadium Ванадий	Cr 51.996 Chromium Хром	Mn 54.938 Manganum Марганец	Fe 55.847 Ferrum Железо	Co 58.933 Cobaltum Кобальт	Ni 58.70 Niccolum Никель																				
5	Rb 85.468 Rubidium Рубидий	Sr 87.62 Strontium Стронций	Y 88.906 Yttrium Иттрий	Zr 91.22 Zirconium Цирконий	Nb 92.906 Niobium Нобий	Mo 95.94 Molybdaenum Молибден	Tc 97.91 Technetium Технетий	Ru 101.07 Ruthenium Рутений	Rh 102.906 Rhodium Родий	Pd 106.4 Palladium Палладий																				
6	Cs 132.905 Cesium Цезий	Ba 137.33 Barium Барий	Lanthanum Лантан	Hf 178.49 Hafnium Гафний	Ta 180.9479 Tantalum Тантал	W 183.85 Wolframium Вольфрам	Re 186.207 Rhenium Рений	Os 190.2 Osmium Осмий	Ir 192.22 Iridium Иридий	Pt 195.08 Platinum Платина																				
7	Au 196.967 Aurum Золото	Hg 200.59 Hydargyrum Ртуть	Tl 204.38 Thallium Таллий	Pb 207.19 Plumbum Свинец	Bi 208.980 Bismuthum Висмут	Po 209.98 Polonium Полоний	At 209.98 Astatium Астат	Rn [222] Radon Радон													Mt [269] Meitnerium Мейтнерий									
	ФОРМУЛЫ ВЫСШИХ ОКСИДОВ ФОРМУЛЫ ЛЕТАУЩИХ ВОДОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ																													
	R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄															
ЛАНТАНОИДЫ*	140.12 Ce Селен Церий	140.908 Pr Протактиний Протактиний	144.24 Nd Неодим Неодим	144.91 Pm Прометий Прометий	150.36 Sm Самарий Самарий	151.96 Eu Европий Европий	167.25 Gd Гадолиний Гадолиний	188.92 Tb Тербий Тербий	187.90 Dy Диспрозий Диспрозий	164.93 Ho Гольмий Гольмий	167.26 Er Ербий Ербий	168.934 Tm Туллий Туллий	173.04 Yb Иттербий Иттербий	174.967 Lu Лютеций Лютеций																
АКТИНОИДЫ**	232.038 Th Торий Торий	231.04 Pa Протактиний Протактиний	238.03 U Уран Уран	237.05 Np Нептуний Нептуний	244.06 Pu Плутоний Плутоний	243.06 Am Америций Америций	247.07 Cm Курчиум Курчиум	267.10 Bk Берклий Берклий	268.10 Cf Калифорний Калифорний	287.10 Es Эйнштейний Эйнштейний	287.10 Fm Фермий Фермий	289.10 Md Мейтнерий Мейтнерий	289.10 No Нобелий Нобелий	289.10 Lr Лоренций Лоренций																

24	2
Cr	8
Chromium	13
51.9961	1

Электронное строение атома.



Физические свойства и применение

- **Хром** – твердый металл голубовато-белого цвета. Очень чистый хром поддается механической обработке. В природе встречается в чистом виде и широко применяется в различных отраслях науки, техники и производства. Чаще всего хром применяется, как компонент сплавов, которые используются при изготовлении медицинского или химического технологического оборудования и приборов. Температура плавления 1890°C , температура кипения 2680°C , плотность хрома $7,19 \text{ г/см}^3$.

Нахождение в природе

- **Хром** – довольно распространенный металл в земной коре (0,012 масс.%). Основным минералом, содержащим хром – хромистый железняк $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ (или $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$).

Способы получения

- Хром получают из хромита железа. Для восстановления используют кокс:



- Еще один способ получения хрома: **восстановление из оксида алюминием** (алюмотермия):



Качественные реакции

- Качественная реакция на ионы хрома +2 – взаимодействие **избытка солей хрома (II) с щелочами**. При этом образуется **коричневый аморфный осадок гидроксида хрома (II)**.
- Например, хлорид хрома (II) взаимодействует с гидроксидом натрия:
- $$\text{CrCl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cr(OH)}_2 + 2\text{NaCl}$$

- Качественная реакция на ионы хрома +3 – взаимодействие **избытка солей хрома (III) с щелочами**. При этом образуется серо-зеленый аморфный **осадок гидроксида хрома (III)**.
- Например, хлорид хрома (III) взаимодействует с гидроксидом калия:
- $\text{CrCl}_3 + 3\text{KOH} \rightarrow \text{Cr(OH)}_3 + 3\text{KCl}$
- При дальнейшем добавлении щелочи амфотерный гидроксид хрома (III) растворяется с образованием **комплексной соли**:
- $\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{KOH} \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr(OH)}_6]$

- При дальнейшем добавлении щелочи амфотерный гидроксид хрома (III) растворяется с образованием **комплексной соли**:



- **Обратите внимание**, если мы поместим соль хрома (III) в **избыток раствора щелочи**, то осадок гидроксида хрома (III) не образуется, т.к. в избытке щелочи соединения хрома (III) сразу переходят в **комплекс**:
- $\text{CrCl}_3 + 6\text{KOH} \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3\text{KCl}$
- Соли хрома можно обнаружить с помощью **водного раствора аммиака**. При взаимодействии растворимых солей хрома (II) с водным раствором аммиака также образуется коричневый осадок **гидроксида хрома (II)**.
- $\text{CrCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
- $\text{Cr}^{2+} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NH}_4^+$
- При взаимодействии растворимых солей хрома (III) с водным раствором аммиака также образуется **серо-зеленый осадок гидроксида хрома (III)**.
- $\text{CrCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
- $\text{Cr}^{3+} + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NH}_4^+$

Химические свойства

- В соединениях хром может проявлять степени окисления от +1 до +6. Наиболее характерными являются соединения хрома со степенями окисления +3 и +6. Менее устойчивы соединения хрома со степенью окисления +2. Хром образует комплексные соединения с координационным числом 6.

- **1.** При комнатной температуре хром химически **малоактивен** из-за образования на его поверхности тонкой прочной оксидной пленки. **При нагревании** оксидная пленка хрома разрушается, и он реагирует практически со всеми неметаллами: кислородом, галогенами, серой, азотом, кремнием, углеродом, фосфором.

- **1.1.** При взаимодействии хрома с галогенами образуются галогениды:
$$2\text{Cr} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{CrCl}_3$$
- **1.2.** Хром реагирует с серой с образованием сульфида хрома:
$$2\text{Cr} + 3\text{S} \rightarrow \text{Cr}_2\text{S}_3$$
- **1.3.** Хром взаимодействует с фосфором. При этом образуется бинарное соединение – фосфид хрома:
$$\text{Cr} + \text{P} \rightarrow \text{CrP}$$
- **1.4.** С азотом хром реагирует при нагревании до 1000°C с образованием нитрида:
$$2\text{Cr} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{CrN}$$
- **1.5.** Хром не взаимодействует с водородом.
- **1.6.** Хром взаимодействует с кислородом с образованием оксида:
$$4\text{Cr} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cr}_2\text{O}_3$$

- 2. Хром взаимодействует и со сложными веществами:
- 2.1. Хром реагирует с парами воды в раскаленном состоянии:
- $2\text{Cr} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$
- 2.2. В ряду напряжений хром находится левее водорода и поэтому в отсутствии воздуха может вытеснить водород из растворов минеральных кислот (соляной и разбавленной серной кислоты), образуя соли хрома (II).
- Например, хром бурно реагирует с соляной кислотой:
- $\text{Cr} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
- В присутствии кислорода образуются соли хрома (III):
- $4\text{Cr} + 12\text{HCl} + 3\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CrCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 2.3. При обычных условиях хром не реагирует с концентрированной серной кислотой из-за пассивации – образования плотной оксидной пленки. При нагревании реакция идет, образуются оксид серы (IV), сульфат хрома (III) и вода:
- $2\text{Cr} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

- **2.4.** Хром не реагирует при обычных условиях с **концентрированной азотной кислотой** также из-за **пассивации**.
- Только при сильном нагревании концентрированная азотная кислота растворяет хром:
- $$\text{Cr} + 6\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- **2.5.** Растворы **щелочей** на хром практически не действуют.
- **2.6.** Однако хром способен вытеснять многие **металлы**, например **медь, олово, серебро** и др. из растворов их **солей**.
- Например, хром реагирует с хлоридом меди с образованием хлорида хрома (III) и меди:
- $$2\text{Cr} + 3\text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{CrCl}_3 + 3\text{Cu}$$

- **Восстановительные свойства** хрома также проявляются при взаимодействии его с сильными окислителями: **пероксидом натрия, нитратами и нитритами, хлоратами** в щелочной среде.
- **Например**, при сплавлении хрома с хлоратом калия в щелочи хром окисляется до хромата калия:
- **$\text{Cr} + \text{KClO}_3 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$**
- Хлорат калия и нитрат калия также окисляют хром:
- **$2\text{Cr} + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KCl}$**
- **$2\text{Cr} + 3\text{KNO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{KNO}_2$**

Оксид хрома (III)

- Способы получения
- Оксид хрома (III) можно получить различными методами:
- 1. Термическим разложением гидроксида хрома (III):
 - $2\text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 2. Разложением дихромата аммония:
 - $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 3. Восстановлением дихромата калия углеродом (коксом) или серой:
 - $2\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{C} \rightarrow 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2$
 - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{S} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4$

Химические свойства

- Оксид хрома (III) – типичный **амфотерный оксид**. При этом оксид химически довольно инертен. В высокодисперсном состоянии с трудом взаимодействует с кислотами и щелочами.
- **1.** При сплавлении оксида хрома (III) с **основными оксидами** активных металлов образуются соли-хромиты.
- Например, оксид хрома (III) взаимодействует с **оксидом натрия**:
- $$\text{Na}_2\text{O} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaCrO}_2$$
- **2.** Оксид хрома (III) взаимодействует с **растворимыми основаниями (щелочами)**. При этом в **расплаве** образуются **соли—хромиты**, а в **растворе реакция практически не идет**. При этом оксид хрома (III) проявляет **кислотные свойства**.
- Например, оксид хрома (III) взаимодействует с **гидроксидом натрия** в расплаве с образованием **хромита натрия** и **воды**:
- $$2\text{NaOH} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaCrO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- **3.** Оксид хрома (III) не взаимодействует с **водой**.

- **4. Оксид хрома (III) проявляет слабые восстановительные свойства.** В щелочных расплавах окислителей окисляется до соединений хрома (VI).
- **Например,** оксид хрома (III) взаимодействует с **нитратом калия** в щелочной среде:
- $$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{KNO}_3 + 4\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 3\text{KNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- Оксид хрома (III) окисляется **бромом** в присутствии гидроксида натрия:
- $$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Br}_2 + 10\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaBr} + 5\text{H}_2\text{O}$$
- Озоном или кислородом:
- $$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{O}_3 + 4\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- $$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{O}_2 + 4\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 4\text{CO}_2$$
- Нитраты и хлораты в расплаве щелочи также окисляют оксид хрома (III):
- $$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{NaNO}_3 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{CO}_2 + 3\text{NaNO}_2$$
- $$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KClO}_3 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{KCl} + 2\text{CO}_2$$

- **6.** Оксид хрома (III) проявляет слабые **окислительные свойства** при взаимодействии с более активными металлами.
- **Например**, оксид хрома (III) реагирует с **алюминием (термит)**:
- $$2\text{Al} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$$
- Реакция очень экзотермическая, сопровождается выделением большого количества света
- Если сжечь большой объем термита в тигле, то можно получить металлический хром:

- **7. Оксид хрома (III) – твердый, нелетучий. А следовательно, он вытесняет более летучие оксиды (как правило, углекислый газ) из солей при сплавлении.**
- **Например, из карбоната калия:**
- **$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{KCrO}_2 + \text{CO}_2$**

Гидроксид хрома (III)

- Гидроксид хрома (III) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ – это твердое вещество серо-зеленого цвета.

■ Способы получения

- **1.** Гидроксид хрома (III) можно получить действием раствора **аммиака** на **соли хрома (III)**.
- Например, хлорид хрома (III) реагирует с **водным раствором аммиака** с образованием **гидроксида хрома (III)** и **хлорида аммония**:
- $$\text{CrCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$$

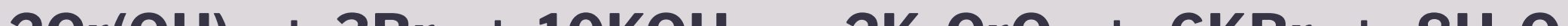
- **2. Пропусканием углекислого газа, сернистого газа или сероводорода через раствор гексагидроксохромата калия:**
 - $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 3\text{CO}_2 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{KHCO}_3$
- **3. Гидроксид хрома (III) можно получить действием недостатка щелочи на избыток соли хрома (III).**
 - **Например, хлорид хрома (III) реагирует с недостатком гидроксида калия с образованием гидроксида хрома (III) и хлорида калия:**
 - $\text{CrCl}_3 + 3\text{KOH}_{(\text{недост})} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{KCl}$

- **4.** Также гидроксид хрома (III) образуется при взаимодействии растворимых **солей хрома (III)** с растворимыми **карбонатами, сульфитами и сульфидами**. Сульфиды, карбонаты и сульфиты хрома (III) необратимо гидролизуются в водном растворе.
- **Например: бромид хрома (III) реагирует с карбонатом натрия.** При этом выпадает осадок гидроксида хрома (III), выделяется углекислый газ и образуется бромид натрия:
- $$2\text{CrBr}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cr(OH)}_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow + 6\text{NaBr}$$
- **Хлорид хрома (III) реагирует с сульфидом натрия с образованием гидроксида хрома (III), сероводорода и хлорида натрия:**
- $$2\text{CrCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{S} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cr(OH)}_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow + 6\text{NaCl}$$

Химические свойства

- **1.** Гидроксид хрома (III) реагирует с **растворимыми кислотами**. При этом образуются **средние соли**.
- **Например**, гидроксид хрома (III) взаимодействует с соляной **кислотой** с образованием **хлорида хрома (III)**:
$$\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- $$2\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$$
- $$\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{HBr} \rightarrow \text{CrBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- **2.** Гидроксид хрома (III) взаимодействует с **кислотными оксидами сильных кислот**.
- **Например**, гидроксид хрома (III) взаимодействует с **оксидом серы (VI)** с образованием **сульфата хрома (III)**:
$$2\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{SO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$

- **3. Гидроксид хрома (III) взаимодействует с растворимыми основаниями (щелочами).** При этом в растворе образуются **комплексные соли**. При этом гидроксид хрома (III) проявляет **кислотные свойства**.
- **Например,** гидроксид хрома (III) взаимодействует с избытком **гидроксидом натрия** с образованием **гексагидроксохромата**:
- $$\text{Cr(OH)}_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Cr(OH)}_6]$$
- **4. Гидроксид хрома (III) разлагается** при нагревании:
- $$2\text{Cr(OH)}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- **5. Под действием окислителей** в щелочной среде переходит в хромат.
- **Например,** при взаимодействии с бромом в щелочной среде гидроксид хрома (III) окисляется до хромата:



Соли хрома (II)

- Все соли хрома (II) – **сильные восстановители**. В растворах окисляются даже кислородом воздуха.
- **Например**, хлорид хрома (II) окисляется кислородом в растворе в присутствии щелочи до соединений хрома (III):
$$4\text{CrCl}_2 + \text{O}_2 + 20\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 8\text{KCl}$$
- Концентрированные кислоты-окислители (азотная и серная) также окисляют соединения хрома (II):
$$\text{CrCl}_2 + 4\text{HNO}_{3(\text{конц})} \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2\uparrow + 2\text{HCl}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$$
$$2\text{CrCl}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2\uparrow + 4\text{HCl}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$$

Хромиты

- Соли, в которых хром (III) входит в состав кислотного остатка (хромиты) — образуются из **оксида хрома (III)** при **сплавлении с щелочами и основными оксидами**:
- $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaCrO}_2$
- Для понимания свойств хромитов их удобно мысленно разделить на два отдельных вещества.
- Например, хромит натрия мы поделим мысленно на два вещества: **оксид хрома (III)** и **оксид натрия**.
- NaCrO_2 разделяем на Na_2O и Cr_2O_3

- При этом очевидно, что хромиты реагируют с кислотами. При недостатке кислоты образуется гидроксид хрома (III):



- В избытке кислоты гидроксид хрома (III) не образуется:



- Под действием избытка воды хромиты гидролизуются:

